

# ANALISA DAMPAK KENAIKAN *SETTING* TEGANGAN DI GI TARAHAN TERHADAP PERFORMA SISTEM 20 kV PT. BUKIT ASAM Tbk.

Herri Gusmedi<sup>1</sup>, Septiani Wulandari<sup>2</sup>, Khairudin (*Corresponding Author*)<sup>3</sup>

Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung, Bandar Lampung  
Jl. Prof. Sumantri Brojonegoro No.1 Bandar Lampung 35145  
[khairudin@eng.unila.ac.id](mailto:khairudin@eng.unila.ac.id)

**Intisari** — Untuk menangani masalah penurunan tegangan pada penyulang Pesisir, PT. PLN UID Lampung mempertimbangkan untuk menyesuaikan tegangan nominal menjadi 21 kV di terminal *bus* transformator di Gardu Induk Tarahan. Jika perubahan tegangan ini dilakukan, akan membawa dampak bagi pelanggan yang terhubung pada penyulang yang bersangkutan, dalam hal ini PT. Bukit Asam Unit Pelabuhan Tarahan yang tersambung pada penyulang Pesisir. Untuk mengantisipasi dampaknya, PTBA Peltar harus menganalisis dengan cermat untuk setiap masalah yang mungkin timbul. Penelitian ini bertujuan untuk membantu PTBA Peltar dalam mempertimbangkan dan memberikan rekomendasi untuk mengatasi masalah ini dengan mensimulasikan beberapa skenario. Terdapat sembilan skenario yang disimulasikan dalam penelitian ini. Sehingga pada akhirnya, pilihan terbaik yaitu dengan membiarkan konfigurasi jaringan apa adanya saat ini dan memberikan saran untuk menunda perubahan *setting* tegangan ke 21 kV.

**Kata kunci** — *Tap Changer*, Transformator, Kenaikan Tegangan, *Drop* Tegangan, *Load Flow*.

**Abstract** — *To deal with the voltage drop issue on the “Pesisir” feeder, PT. PLN UID Lampung are considering to adjust the nominal voltage to 21 kV at the transformer terminal bus in Tarahan Substation. If this new setting executed, it will bring an impact to the customer connected to the corresponding feeder in this case PT. Bukit Asam Unit Pelabuhan Tarahan (PTBA Peltar). To anticipate the impact, PTBA Peltar should analyze carefully any problem that may set in. This work helps PT. Bukit Asam to consider and manage any action to deal with this issue by simulating some scenarios. There are nine scenarios simulated in this study. Finally the best choice is to let the network configuration as it is and the advice is to postpone the re-adjust transformer tap to 21 kV.*

**Keywords**— *Tap Changer, Transformer, Overvoltage, Voltage Drop, Load Flow.*

## I. PENDAHULUAN

Rencana PT.PLN UID Lampung dalam menaikkan *setting tap changer* transformator dilakukan dengan tujuan memperbaiki tegangan di ujung saluran. Dengan kenaikan tegangan tersebut kemungkinan akan berdampak terhadap performa jaringan disekitar Gardu Induk Tarahan, salah satunya yaitu pada PT. Bukit Asam Tbk. Unit Pelabuhan Tarahan karena berada dipangkal penyulang.

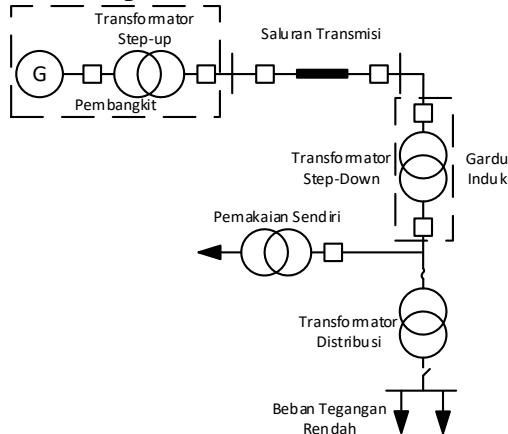
Dampak yang memungkinkan dari perubahan *setting tap changer* adalah terjadinya *overvoltage* baik pada saluran

maupun peralatan yang terhubung pada jaringan.

*Overvoltage* terjadi ketika suatu peralatan sudah tidak mampu mentoleransi adanya tegangan yang melebihi dari batas ratingnya. Sehingga jika hal tersebut dibiarkan maka akan mengurangi masa pakai dari peralatan tersebut. Berdasarkan uraian masalah tersebut, untuk mengetahui dampak dari kenaikan tegangan, maka perlu dilakukannya simulasi aliran daya pada jaringan 20 kV dengan tujuan untuk mengetahui profil tegangan pada saluran tersebut. Serta dari hasil simulasi yang dihasilkan dapat dijadikan sebagai referensi untuk merekonfigurasi jaringan-jaringan listrik pada PTBA Peltar.

## II. SISTEM DISTRIBUSI DAN ALIRAN DAYA

Sistem tenaga listrik terbagi menjadi tiga bagian, yaitu pembangkit, transmisi, dan distribusi. Sistem distribusi merupakan sub sistem dari sistem tenaga listrik yang berguna untuk menyalurkan energi listrik dari saluran transmisi kepada konsumen [1].



Gbr.1 Skema sistem tenaga listrik dari pembangkit hingga ke konsumen.

Sistem distribusi terdiri dari jaringan tegangan menengah atau yang sering disebut dengan jaringan primer dan tegangan rendah disebut dengan jaringan sekunder. Jaringan primer dan jaringan sekunder umumnya merupakan jaringan yang beroperasi secara radial [2].

Pemasangan pemutus daya terdapat di saluran utama pada gardu induk. Sebagai pengamanan utama pada saluran maka PMT dilengkapi dengan alat pengamanan seperti rele arus lebih, rele gangguan tanah, dan rele penutup balik [3]. Dalam pemilihan kapasitas *circuit breaker* perlu memperhatikan arus hubung singkat maksimum yang mungkin terjadi pada jaringan.

Menurut *Institute of Electrical and Electronic Engineering* (IEEE) rele adalah sebuah alat elektronik yang di desain untuk merespon ketika terjadinya gangguan atau keadaan dengan cara mendeteksi data masukan pada sebuah peralatan listrik dan ketika kondisi terpenuhi akan terjadi perubahan secara mendadak pada komponen pengendali [4].

### A. Studi Aliran Daya

Dengan analisa aliran daya ini dapat menentukan besar magnitude dan sudut fasa pada setiap *bus*, serta mengetahui besar daya aktif dan daya reaktif pada saluran. Dalam menyelesaikan studi aliran daya, sistem diasumsikan berada dalam kondisi setimbang. Umumnya dalam analisa sistem tenaga menggunakan perhitungan dengan satuan per unit [5].

Untuk mengetahui tegangan dan arus dapat direpresentasikan pada persamaan berikut

$$V = Z \cdot I. \quad (1)$$

$$I = V \cdot Y. \quad (2)$$

Sedangkan daya kompleks yang diinjeksikan pada setiap bus adalah representasi dari tegangan dan arus konjugat pada setiap *bus* tersebut, sehingga

$$S = V \cdot I^*. \quad (3)$$

$$I = \frac{S^*}{V^*}. \quad (4)$$

Dalam penyelesaian aliran daya, terdapat tiga metode yang dapat digunakan untuk menganalisa aliran daya, yaitu

#### 1. Metode Newton Raphson

Metode ini digunakan untuk melinierkan persamaan dari bentuk nonlinier, sehingga proses linierisasi tersebut merupakan bagian penting dari metode ini

$$\begin{bmatrix} \Delta P \\ \Delta Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} H & N \\ J & L \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta \theta \\ \frac{\Delta V}{V} \end{bmatrix} \quad (5)$$

#### 2. Metode Fast Decoupled

Dasar dari metodr ini adalah dengan menghitung sudut fasa tegangan dengan menggunakan *mismatch* daya aktif dan menggunakan *mismatch* daya reaktif untuk menghitung magnitud dari tegangan.

$$\Delta P = H \Delta \theta \quad (6)$$

$$\Delta Q = \frac{\angle \Delta V}{V} \quad (7)$$

#### 3. Metode Eliminasi Gauss

Dalam menyelesaikan persamaan linier aliran daya, metode ini terdapat dua langkah, yaitu substitusi maju dan

substitusi mundur. Kedua substitusi tersebut dilakukan di setiap baris dan kolomnya.

$$[P + jQ] = [V^T \ Y_{BUS}^* \ V^*] \quad (8)$$

### B. Gangguan Pada Sistem Distribusi

Gangguan merupakan suatu penghalang yang ada pada sistem ketika sedang beroperasi sehingga penyaluran tenaga listrik tersebut menyimpang dari keadaan normalnya. Salah satu contoh dari gangguan sistem distribusi ini adalah gangguan hubung singkat tiga fasa dengan persamaan arus gangguan seperti berikut

$$I_F = \frac{E}{Z} \quad (9)$$

Dan gangguan hubung singkat dua fasa terjadi karena dua buah penghantar fasa bersentuhan, sehingga terjadi arus lebih. Persamaan yang dapat digunakan yaitu [5]

$$I_F = \sqrt{3}I_{2F} \quad (10)$$

## III. METODE PENELITIAN

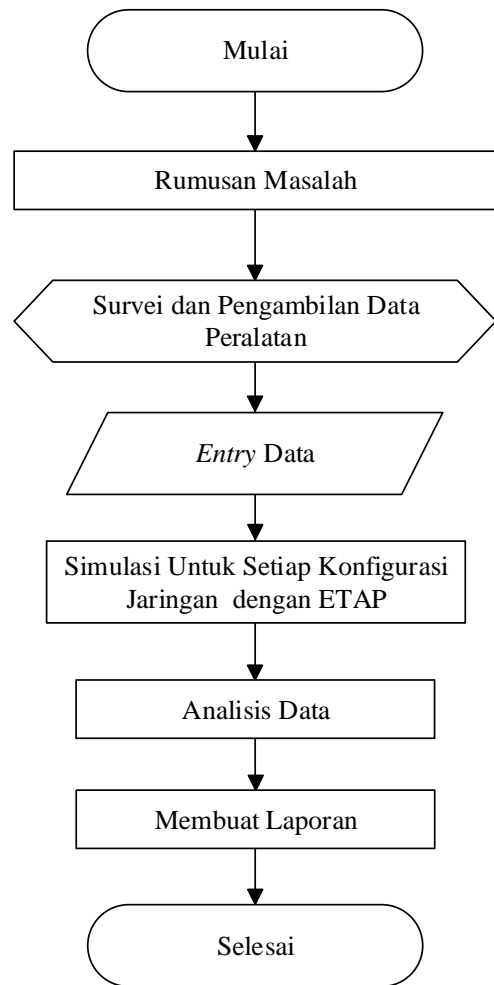
### A. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya:

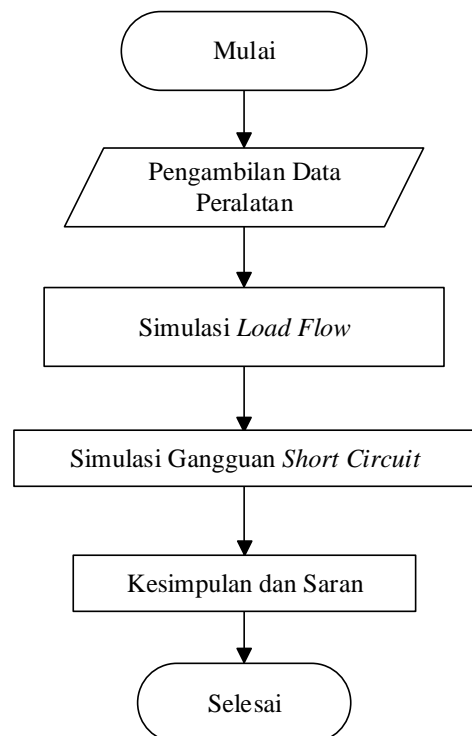
1. Satu buah unit Laptop Asus X541U *Intel Core i3*
2. Perangkat lunak ETAP (*Electrical Transient Analysis Program*) 12.6
3. Data generator, transformator, bus, circuit breaker, saluran dan beban pada PT. Bukit Asam Tbk.

### B. Diagram Alir Penelitian

Adapun tahap-tahap yang dilakukan dari pelaksanaan penelitian ini dapat dilihat seperti pada diagram alir berikut:



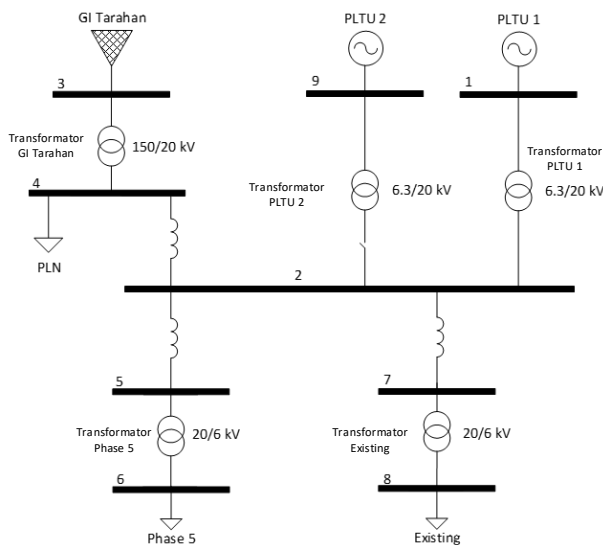
Gbr. 2 Diagram alir penelitian



Gbr. 3 Diagram alir simulasi jaringan

#### IV. HASIL SIMULASI DAN PEMBAHASAN

Saat ini PT. Bukit Asam Unit Pelabuhan Tarahan merupakan salah satu perusahaan yang bergerak dalam bidang industri dan juga PT. Bukit Asam ini membantu PT. PLN dalam memasok energi listrik untuk melayani konsumen yang terhubung dengan jaringan melalui Gardu Induk Tarahan. Pembangkit yang dimiliki PT. Bukit Asam ini sering disebut juga PLTU Peltar dengan kapasitas 2x9 MW.



Gbr. 4 Single line diagram sistem distribusi Tarahan

Saat ini letak PLTU Peltar berada pada penyulang pesisir dari GI Tarahan dan PT. PLN berencana mengubah tap transformator 20 kV menjadi 21 kV dengan tujuan untuk mengurangi adanya *voltage drop* pada beban yang ada di ujung penyulang.

##### A. Skenario Simulasi

Sebagai kajian awal ini dilakukan dengan menggunakan *software* ETAP 12.6 dan OpenDSS sebagai simulator untuk mendapatkan besar aliran daya, sedangkan untuk mendapatkan besar nilai *short circuit* dari jaringan PT. Bukit Asam adalah dengan menggunakan simulator ETAP 12.6.

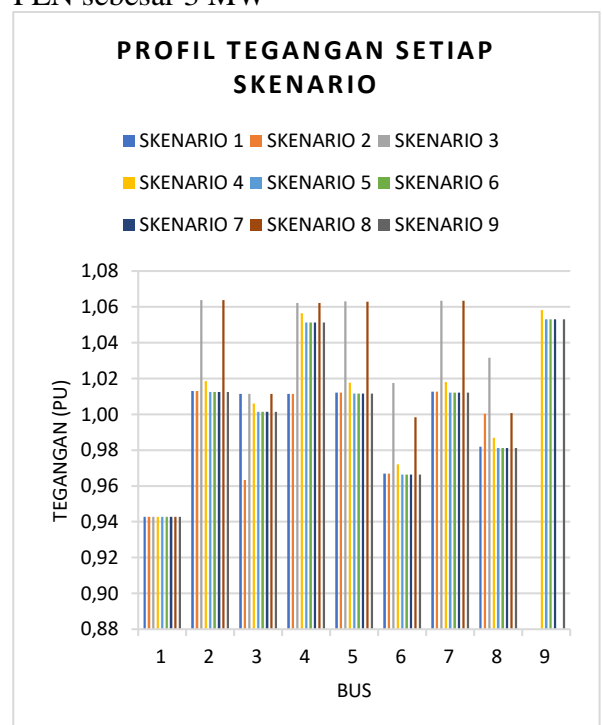
Kajian dampak perubahan *setting* AVR dapat dilakukan dengan cara mensimulasikan beberapa skenario jaringan. Berikut ini merupakan skenario konfigurasi jaringan yang digunakan dalam mendapatkan hasil dari aliran daya dan *short circuit*.

1. Bus PLN 20 kV dan bus PLTU 20 kV (*Existing*)
2. Bus PLN 21 kV dan bus PLTU 20 kV
3. Bus PLN 21 kV dan bus PLTU 21 kV
4. Penggunaan transformator khusus pada jaringan *incoming* PLN
5. Penambahan transformator isolasi hubung *open* delta dari sisi *incoming* PLN
6. Penambahan transformator isolasi hubung *close* delta dari sisi *incoming* PLN
7. Penambahan transformator isolasi hubung *wye* dari sisi *incoming* PLN
8. Pergantian transformator distribusi 20/6 kV menjadi tipe OLTC
9. Penambahan LVR pada sisi *incoming* PLN

Skenario simulasi ini terdapat 9 skenario *load flow* dan *short circuit*, dengan skenario 1 sebagai *basecase*, skenario 2 merupakan topik utama yang akan dibahas, dan skenario 3 hingga skenario 9 merupakan beberapa cara yang dapat digunakan untuk mengatasi kenaikan tegangan.

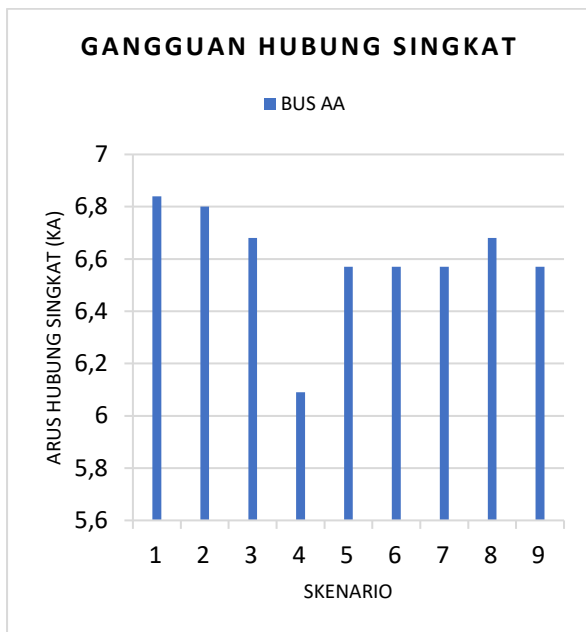
##### B. Hasil Simulasi

Gambar 5 merupakan profil tegangan dari setiap skenario hasil simulasi *load flow* dengan pola pembebanan *existing* dan suplai PLN sebesar 3 MW



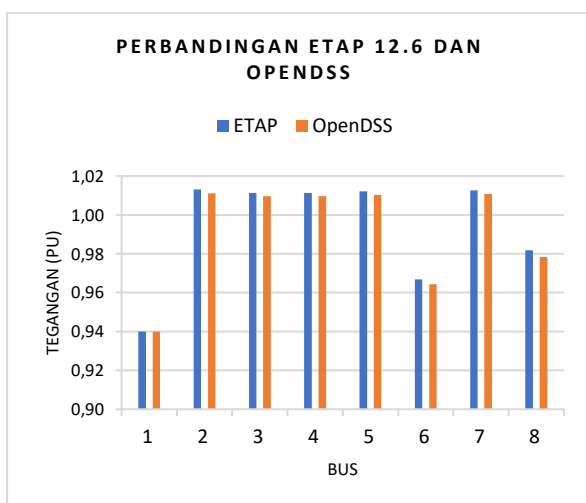
Gbr. 5 Profil tegangan dari setiap skenario

1. Kondisi *existing* (Skenario 1)  
Berdasarkan hasil simulasi terdapat tegangan pada *bus* 6 kV (*bus* beban phase 5) berada pada batas *marginal* yaitu 0,97 pu yang di akibatkan dari pengaruh pembebanan yang cukup besar.
2. *Bus* PLN 21 kV dan *bus* PLTU 20 kV (Skenario 2)  
Berdasarkan hasil simulasi, dampak yang timbul dari pengaruh kenaikan tegangan tersebut yaitu tegangan pada pangkal penyulang tidak sampai pada tegangan 21 kV, melainkan hanya 20,2 kV. Dan menyebabkan tegangan pada sisi primer transformator GI Tarahan (*bus* 3) akan turun akibat dari adanya pengaruh dari perbandingan belitan transformator.
3. *Bus* PLN 21 kV dan *bus* PLTU 21 kV (Skenario 3)  
Pada skenario 3 ini merupakan cara yang dapat digunakan untuk mengatasi kenaikan tegangan. Akan tetapi ketika cara ini dilakukan, maka seluruh *bus* yang ada pada jaringan PTBA akan mengalami *overvoltage*.
4. Penggunaan transformator khusus pada jaringan *incoming* PLN (Skenario 4)  
Berikut merupakan cara yang dapat digunakan untuk mengatasi kenaikan tegangan, yaitu dengan menyediakan koneksi khusus yang menyambungkan antara *bus* PLN dan *bus* PLTU dengan bantuan transformator, sehingga tegangan pada jaringan kelistrikan yang ada pada PTBA tidak akan terpengaruh ketika terjadi kenaikan tegangan.
5. Penambahan transformator isolasi hubung *open* delta dari sisi *incoming* PLN (Skenario 5)  
Dengan membiarkan tegangan pada *bus* PLTU tetap pada 20 kV, alternatif yang dapat digunakan yaitu dengan menambahkan transformator isolasi sehingga kedua sistem dapat bekerja pada *level* tegangannya masing-masing. Akan tetapi terdapat *bus incoming* PLN (*bus* 4) dan *bus* transformator isolasi (*bus* 9) mengalami kenaikan tegangan menjadi 1,05 pu dari tegangan nominalnya.
6. Penambahan transformator isolasi hubung *close* delta dari sisi *incoming* PLN (Skenario 6)  
Alternatif lain yang dapat digunakan yaitu dengan menambahkan transformator isolasi hubung *close* delta sehingga kedua sistem dapat bekerja pada *level* tegangannya masing-masing. Akan tetapi terdapat *bus incoming* PLN (*bus* 4) dan *bus* transformator isolasi (*bus* 9) mengalami kenaikan tegangan menjadi 1,05 pu dari tegangan nominalnya.
7. Penambahan transformator isolasi hubung *wye* dari sisi *incoming* PLN (Skenario 7)  
Sama seperti pada skenario 5 dan 6, pada skenario 7 ini dilakukan dengan cara menambahkan transformator isolasi hubung *wye*. Sehingga tegangan dapat bekerja pada tegangan nominalnya masing-masing. Berdasarkan hasil simulasi terdapat *bus incoming* PLN (*bus* 4) dan *bus* transformator isolasi (*bus* 9) mengalami kenaikan tegangan menjadi 1,05 pu dari tegangan nominalnya.
8. Pergantian transformator distribusi 20/6 kV menjadi tipe OLTC (Skenario 8)  
Dengan melakukan pergantian transformator konvensional menjadi transformator berjenis OLTC pada *phase existing* dan *phase 5*, hal tersebut akan mampu mengisolasi jaringan 6 kV pada PTBA dari dampak kenaikan tegangan di *bus* utama. Yang akan berdampak dari kenaikan tegangan adalah pada *bus* 20 kV yang akan mengalami *overvoltage* sebesar 1,06 pu, sehingga sistem berada pada batas *marginal* dari tegangan nominalnya.
9. Penambahan LVR pada sisi *incoming* PLN (Skenario 9)  
Alternatif konfigurasi yang terakhir adalah dengan menggunakan LVR pada sisi *incoming bus* PLN. Berdasarkan hasil simulasi dengan menggunakan LVR akan menjaga profil tegangan untuk tetap pada tegangan nominal *bus* walaupun terjadinya perubahan tegangan pada *bus* PLN.



Gbr. 6 Perbandingan hasil simulasi gangguan hubung singkat bus AA pada skenario 1 hingga skenario 9

Berdasarkan hasil simulasi arus hubung singkat terbesar berada pada skenario 1 dan arus hubung singkat terendah pada skenario 4. Dari hasil simulasi gangguan hubung singkat tiga fasa ke tanah pada setiap bus tidak menunjukkan peralatan pengaman seperti CB bekerja, sehingga dapat dikatakan bahwa ketika terjadi gangguan hubung singkat, arus hubung singkat yang masuk kedalam peralatan pengaman masih dalam batas operasinya.



Gbr. 7 Perbandingan simulasi hasil ETAP dan OpenDSS

Gambar 7 merupakan perbandingan simulasi dari hasil ETAP 12.6 dengan Open DSS. Pada simulasi ini merupakan hasil dari skenario satu dengan pola pembebanan *existing* dan suplai ke PLN sebesar 3 MW. Dapat dilihat bahwa tegangan setiap bus pada simulasi dengan menggunakan perangkat lunak ETAP 12.6 dan Open DSS memiliki hasil yang relatif sama diantara keduanya.

## V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil simulasi dengan menggunakan perangkat lunak ETAP 12.6 dan OpenDSS dampak yang diakibatkan dari kenaikan tegangan akan menyebabkan bus 6 kV mengalami penurunan. Untuk mengatasi dampak dari kenaikan tegangan dapat diatasi dengan melakukan alternatif skenario 3 hingga skenario 9. Akan tetapi hal tersebut dapat membahayakan sistem dari PT. Bukit asam dan membutuhkan investasi biaya yang relatif besar. Sehingga dapat disimpulkan bahwa skenario 1 merupakan pilihan terbaik, karena profil tegangan pada setiap bus di jaringan PT. Bukit Asam berada pada tegangan operasinya dan tidak membutuhkan investasi biaya yang relatif besar.

## REFERENSI

- [1] Gonen, Turan. 1998. *Electric Power Distribution Engineering: Third Edition*. Analysis and Design. John Wiley, and Sons. New York.
- [2] Marshudi, Djiteng. 1990. *Operasi Sistem Tenaga Listrik*. Balai Penerbit dan Humas ISTN.
- [3] Tobing, Bongas L. 2003. *Peralatan Tegangan Tinggi Edisi Kedua*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- [4] J. Lewis Blackburn dan Thomas J. Domin. *Protective Relaying: Principles and Applications, Third Edition*.
- [5] Hardianto, Doni. 2017. *Analisi Keandalan Sistem Distribusi Tenaga Listrik 20 kV di Gardu Induk Kebumen*. Yogyakarta: Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.